

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu odmašťování povrchu substrátu  
na adhezi tenkého povlaku**

Study of Influence Degreasing of Surface Substrate  
on Adhesion Thin Coating

Student: Tomáš Rotter

Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

OSTRAVA 2013

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Rotter**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: Studium vlivu odmašťování povrchu substrátu na adhezi tenkého povlaku  
Study of Influence Degreasing of Surface Substrate on Adhesion Thin Coating

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte technologii odmašťování.
2. Prostudujte vlastnosti odmašťovacího prostředku Simple Green Extrême.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.  
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.  
PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 20.5.2013

Tomáš Rottau .....

podpis studenta

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кая универзита Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же оdevздáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 20.5.2013

Tomáš Rotter

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Rotter

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kostelní nám. 5, Šumperk, 787 01

**ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

ROTTER, Tomáš. *Studium vlivu odmašťování povrchu substrátu na adhezi tenkého povlaku*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, 65 s., Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu odmašťování povrchu substrátu na adhezi tenkého povlaku. Ve vstupní teoretické části se obecně seznámíme s odmašťováním. Hlavní důraz je kladen na technologie, které se používají a přehled přípravků. Experimentální část je zaměřena na studium a hodnocení vlivu odmaštění povrchu za pomoci dvou typů odmašťovacích přípravků. Dosažené výsledky jsou zaneseny do tabulek a grafů společně se závěrečným vyhodnocením. Závěrem práce je ekonomické zhodnocení.

**ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

ROTTER, Tomáš. *Study of Influence Degreasing of Surface Substrate on Adhesion Thin Coating*. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2013, 65 s., Bachelor's thesis, head doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Bachelor thesis is focused on the study of the influence of scouring the surface of the substrate adhesion of thin coatings. In the entrance of the theoretical part is generally acquainted with degreasing. The main focus is on technologies that are used and overview of products. The experimental part focuses on the study and evaluation of the influence of surface cleaning with the help of two types of degreasing products. The results obtained are recorded in tables and graphs along with the final evaluation. Finally, work is an economic evaluation.

**Obsah**

0. ÚVOD.....	9
1. CHEMICKÉ ÚPRAVY POVRCHU ODMAŠŤOVÁNÍM .....	10
1.1. Odmašťování.....	10
1.2. Odmašťování v alkalických roztocích.....	11
1.3. Odmašťování v organických rozpouštědlech .....	17
1.4. Elektrolytické odmašťování .....	18
1.5. Odmašťování v neutrálních roztocích .....	20
1.6. Odmašťování v emulzních roztocích .....	20
1.7. Odmašťování opalem .....	20
1.8. Vysokotlaké kapalinné odmašťování .....	21
1.9. Odmašťovací přípravky s pasivačním účinkem .....	21
2. SIMPLE GREEN EXTREME AVIATION .....	23
2.1. Popis Simple Green Extreme Aviation .....	23
2.2. Vlastnosti Simple Green Extreme Aviation .....	23
2.3. Vysoká škola báňská v Ostravě.....	25
3. NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	26
4. CHARAKTERISTIKA VZORKŮ .....	27
4.1. Vzorek typu Standard.....	27
4.2. Válcované bezešvé roury ø 273 mm - S355J2H .....	28
4.3. Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla .....	29
5. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE .....	30
5.1. Stanovení čistoty povrchu dle ISO 8501-1 .....	30

Bakalářská práce	2013
5.2. Odmašťovací lázně.....	33
5.3. Prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3.....	35
5.4. Stanovení drsnosti vzorků dle ČSN ISO 8503 .....	37
5.5. Parametry drsnosti vzorku Standard v příčném směru .....	41
5.6. Stanovení povrchového napětí pomocí testovacích fixů a inkoustů .....	43
5.7. Stanovení pH odmašťovací lázně.....	48
6. EKONOMICKÉHO ZHODNOCENÍ .....	54
6.1. Porovnání cen Simple Green Extreme Aviation a Simple Green Crystal.....	54
7. ZÁVĚR.....	55
8. POUŽITÁ LITERATURA .....	59
9. SEZNAM PŘÍLOH .....	61
10. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
11. SEZNAM TABULEK .....	64
12. SEZNAM GRAFŮ .....	65

Zkratka	Výklad	Jednotka
ČSN	Česká státní norma	[ - ]
EN	Evropská norma	[ - ]
ISO	Mezinárodní norma	[ - ]
C	Uhlík	[ - ]
Cu	Měď	[ - ]
P	Fosfor	[ - ]
Na	Sodík	[ - ]
O	Kyslík	[ - ]
H	Vodík	[ - ]
Cn	Kopernicium	[ - ]
S	Síra	[ - ]
Al	Hliník	[ - ]
Si	Křemík	[ - ]
Ti	Titan	[ - ]
Mn	Mangan	[ - ]
N	Dusík	[ - ]
Rp	Největší výška výstupku profilu	[μm]
Rv	Největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rz	Maximální výška profilu	[μm]
Ra	Střední aritmetická odchylka profilu	[μm]
Rq	Kořenová průměrná čtvereční odchylka	[μm]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu	[μm]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	[μm]



## **0. ÚVOD**

Odmašťování patří v dnešní době mezi velmi rozšířený způsob chemické úpravy povrchu pro různé povlaky. Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění nečistot ze substrátu, jejich následné převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich návratu na povrch.

Bakalářská práce je vedena tak, aby nás obeznámila s problematikou vlivu odmaštění povrchu substrátu na adhezi tenkého povlaku.

Práce je rozdělena do dvou částí. První, teoretická část je cílena tak, aby nás seznámila s obecnými teoretickými poznatky, ze kterých budeme následně vycházet v experimentální části. Tyto poznatky jsou převážně z oblasti chemických předúprav materiálu a to konkrétně odmašťováním. V experimentální části práce se zabývám porovnáním dvou odmašťovacích přípravků Simple Green Crystal a Simple Green Extreme Aviation. Následuje návrh a provedení experimentálních prací, jejich vyhodnocení a následné porovnání výsledků mezi sebou. Mezi hlavní body patří srovnání kvality lázní a odmašťovacích účinků zmiňovaných přípravků. Dále tato část obsahuje fotografické zdokumentování prováděných experimentálních prací na jednotlivých testovaných vzorcích. Výsledkem je celkové porovnání těchto dvou průmyslových prostředků a jejich ekonomické zhodnocení.

# 1. CHEMICKÉ ÚPRAVY POVRCHU ODMAŠŤOVÁNÍM

## 1.1. Odmašťování

Odmašťování patří do skupiny chemických úprav povrchů. Tyto úpravy mají především význam v odstraňování nečistot z povrchu odmašťovaného materiálu před úpravami, které budou následovat. Obvykle se těmito operacemi připravuje povrch materiálu pro různé povlaky. [1]

Nečistoty, které mohou zůstat na povrchu materiálu během různých výrobních procesů, můžeme dělit na dvě skupiny: [1]

### Ulpělé nečistoty

- jsou to různé mastnoty, ve kterých jsou zachyceny částičky prachu, zbytky past
- k povrchu materiálu jsou tyto nečistoty vázány pouze adhezními silami
- patří sem převážně mastné látky

### Vlastní nečistoty

- jsou spojeny s kovem určitou chemickou vazbou
- druh těchto nečistot vzniká nejvíce jako produkt koroze, rzi a okují
- tyto nečistoty se již ale neodstraňují odmašťováním, ale mechanickým čištěním nebo chemicky - mořením

**Odmašťování** je tedy název pro odstraňování všech ulpělých nečistot na povrchu, které jsou vázány buď fyzikálně (látky tukového charakteru) nebo adhezními silami (nečistoty anorganického původu, kovové třísky, atd.). Úkolem odmaštění je tedy uvolnění nečistot z povrchu, převod nečistot do roztoku, nebo emulze a zabránění jejich zpětnému vyloučení na povrch materiálu. [1]

### Dělení procesů podle použitého prostředku na odmašťování:

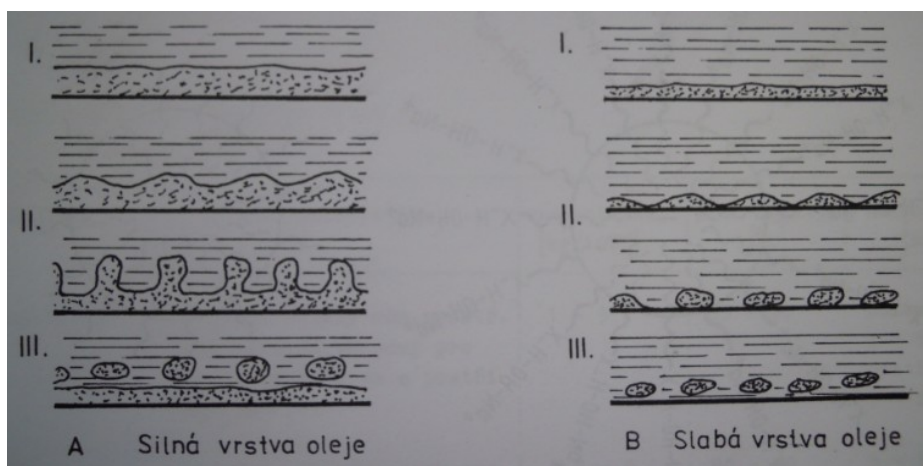
- v alkalických roztocích
- v organických rozpouštědlech
- elektrolytickým odmašťováním
- v neutrálních roztocích
- emulzním odmašťováním
- opalováním

## 1.2. Odmašťování v alkalických roztocích

Odmašťování v alkalických roztocích patří mezi nejvíce rozšířený způsob čištění kovových povrchů. Odstraňování mastnot tímto způsobem je poměrně složité. K odmašťování dochází fyzikálními a fyzicko-chemickými procesy. Při tomto procesu dochází k neutralizaci mastných kyselin a tyto kyseliny pak přecházejí do roztoku jako rozpustná mýdla. V případě, že mýdla jsou více povrchově aktivní, dochází pak ke snížení napětí na povrchu mezi mastnotou a roztokem. Proces odmašťování takhle probíhá v rostlinných a živočišných tucích. Alkalické odmašťovací prostředky obsahují louh nebo sodu, fosforečnany, uhličitany, křemičitany, povrchově aktivní látky a emulgátory. Emulgátor zabráňuje opětovnému shlukování tukových kuliček. [1]

Minerální mastnoty jako jsou oleje, vazelíny a vosky se odmašťují obtížněji, a to z důvodu, že se nezmydelňují. Odmašťování minerálních mastnot probíhá až za zvýšené teploty tím, že se emulgují ve formě drobných kapiček do roztoku odmašťovadla. [1]

**Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem:**



*Obr. 1 - Schéma emulgace mastnoty [1]*

- I. souvislá vrstva mastnoty na povrchu kovu
- II. postupné rozrušování souvislé vrstvy mastnoty roztokem
- III. emulgace a dispergace mastnoty, odmašťovací roztok vytlačuje částice mastnot z povrchu materiálu

Aby nedošlo k hydrolýze mýdla, tak by měl mít roztok dostatečnou alkalitu ( $\text{pH} > 10,2$ ). Bohužel zvýšením alkality se nám zvyšuje možnost koroze kovů, a to zejména lehkých a barevných. Křemičitan v roztoku potlačuje možnost koroze. Teplota roztoku při postřiku by měla být alespoň  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a v rozmezí  $70 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro lehké a barevné kovy. Při ponorném odmašťování ocele by teplota měla přesáhnout hranici  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  a doba ponoru by měla být  $5 - 10$  minut. To závisí na stupni znečištění. Podle experimentálních výsledků je doba  $10$  minut nedostačující, doporučuje se použít dvoustupňové odmašťování, které trvá přibližně  $20$  minut. Provádějí se mezioplachy teplou a studenou vodou. [1,2]

V současné době se namísto odmašťovacích přípravků, které obsahovali hydroxid sodný, fosforečnan sodný nebo křemičitany, používají odmašťovací prostředky, které obsahují povrchově aktivní látky, jako jsou tenzidy. Alkalické složky byly nahrazeny boritany a polyfosfáty. Použitím těchto povrchově aktivních látek také došlo k urychlení procesu, kvality odmašťování a je možné pracovat za nižších teplot. Přednost alkalického odmašťování spočívá v ekonomické a technologické výhodnosti ve spojení s dalšími předúpravami (moření, fosfátování do průběžných linek). Z ekologického hlediska je nutnost zajistit dokonalé odsávání výparů, které vznikají v odmašťovacích lázních. [1]

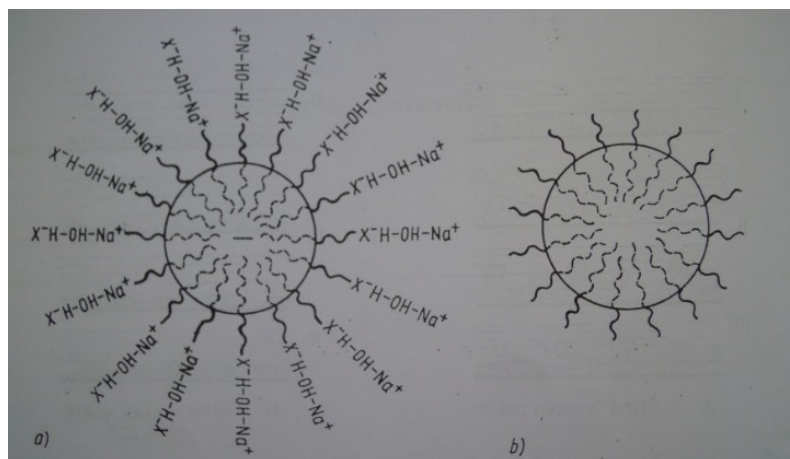
Zavedení tenzidů také umožnilo upustit od vysokých hodnot  $\text{pH}$  a přejít na roztoky, které jsou slabě alkalické až skoro neutrální nebo dokonce v kyselém prostředí. [2]

### **Přehled jednotlivých prostředí $\text{pH}$ : [2]**

Rozsah  $\text{pH}$ :  $0 - 14$

- $\text{pH} < 7$  – kyselé prostředí
- $\text{pH} = 7$  – neutrální prostředí
- $\text{pH} > 7$  – alkalické prostředí

## Schematické znázornění chování olejové kapky v tenzidovém odmašťovacím prostředí: [1]



Obr. 2 - Schematické znázornění chování olejové kapky v tenzidovém odmašťovacím prostředí [1]

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| a) anioaktivní tenzidy  | lipofilní část molekuly  |
| b) ionneaktivní tenzidy | hydrofilní část molekuly |

Po samotném odmašťování je nutno odstranit z povrchu zbytky alkálií. Oplach provádíme horkou vodou ponorem, nebo postřikem. Samotné lázně je nutné také udržovat. Nevýhodou alkalického odmašťování je zneškodňování odpadních vod v neutralizačních stanicích a nároky na příkon energie, které jsou velké. [1]

### Zařízení pro odmašťování:

#### Postřikové

Tento způsob využívá mechanického účinku dopadající kapaliny. Je vhodný pro odmašťování sériových výrobků o větších rozměrech, nebo výrobků, které jsou silně zamaštěny. Pokud je mastnota ulpělá v pórech, doporučuje se použít ponor. [2]

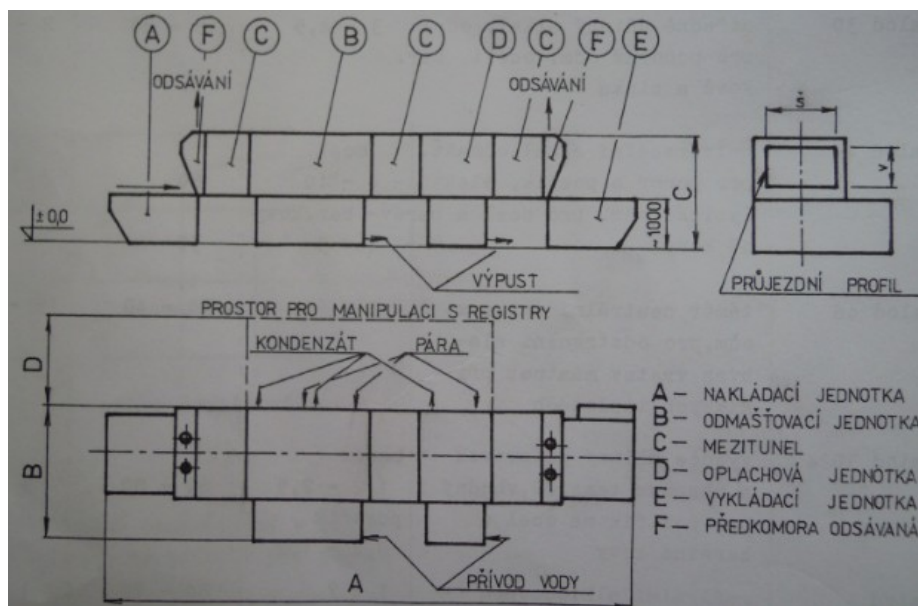
#### Komorový odmašťovací stroj – KOS

- Pro velmi znečištěné výrobky
- Vložení předmětů do uzavřené kabiny, aby se dosáhlo k zasáhnutí všech míst postřikem, dochází ke vratnému pohybu roštu, na kterém jsou předměty uchyceny

- Oplach se provádí ve stejném stroji
- Používá se Radalod nebo Sinalod 90

Průběžný odmašťovací stroj – **Hydromatikus** (viz Obr. 3)

- Použití v sériové výrobě



Obr. 3 - Schéma stroje Hydromatikus [1]

### Vanové

Předměty se ponořují jednotlivě nebo hromadně. Odmašťovací vany jsou ocelové s topným registrem. Mají odsávací rám s přepadem, který slouží k odstraňování nečistot z hladiny. [1]

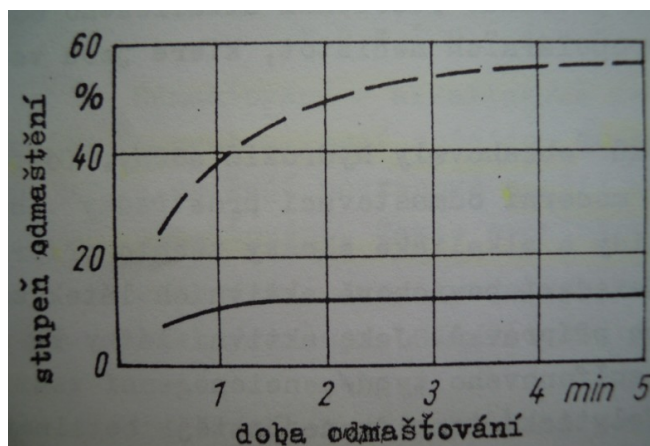
### Bubnové

Je vhodné pro menší výrobky. Bubny se ponoří do lázně a otáčejí se, tím je zaručen styk roztoku se všemi částmi povrchu. [1]

Odmašťování pomocí **ultrazvuku** se používá při čištění povrchu profilovaných součástí. Ultrazvukové zařízení dodává vysoko frekvenční energii z generátoru přes ultrazvukový budič do nádrže s čisticí kapalinou. Dochází ke změně energie na akustickou. Ta rozkmitává kapalinu a spolu s kavitačními účinky je zapojena do procesu čištění. Důležitá je správná orientace předmětů v ultrazvukovém poli. Tu zabezpečují

vhodné palety, koše, závěsy, případně jejich pohyb. K čištění dochází pouze tehdy, když dojde k rozrušení oxidických filmů na povrchu materiálu. [2]

#### Stupeň odmašťování v závislosti na teplotě při ponorném odmašťování:

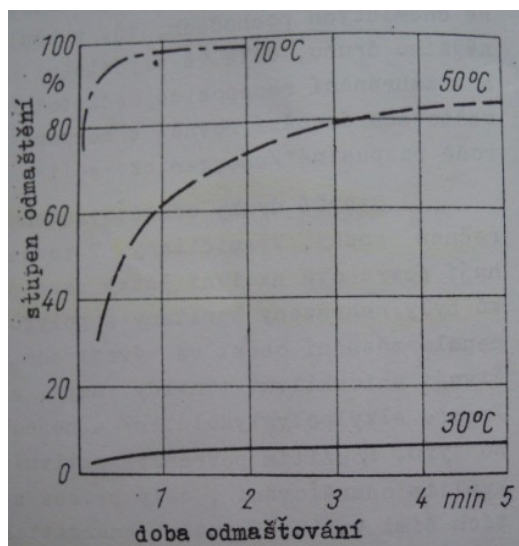


Obr. 4 - Odmašťování v závislosti na teplotě [1]

#### Složení lázně:

- Teplota 98 °C
- 20 g.l<sup>-1</sup> NaOH, 30 g.l<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 50 g.l<sup>-1</sup> Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O
- Přerušovaná čára – s pohybem, souvislá – bez pohybu

#### Stupeň odmašťování v závislosti na teplotě při stříkání:



Obr. 5 - Stupeň odmašťování při stříkání [1]

**Složení lázně:**

- 6 g.l<sup>-1</sup> NaOH, 9 g.l<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> , 15 g.l<sup>-1</sup> Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> . 12 H<sub>2</sub>O
- Pracovní tlak: 0,25 MPa

**Přehled odmašťovacích přípravků***Tab. 1 – Přehled odmašťovacích přípravků [1]*

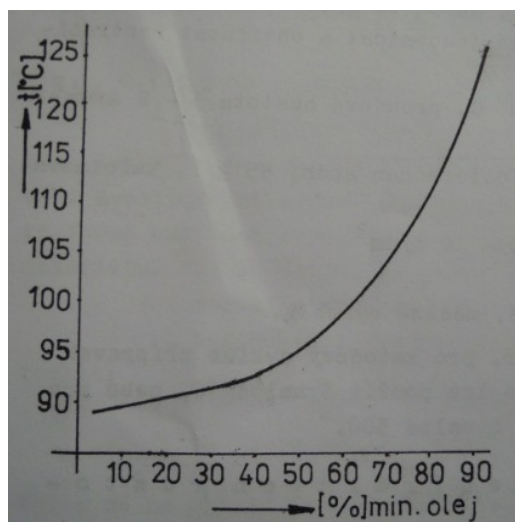
Označení	Charakteristika	Koncentrace [kg/100l]	Pracovní teplota [°C]	Expozice [min]
<b>Synalod 55</b>	Středně účinný odm. prostředek bez tenzidů, vhodný pro aplikaci ponorem a postřikem na ocel	1 – 5	85 – 90	Ponor: 3 – 5 Postřik: 1 – 2
<b>Synalod 80</b>	Středně alk. přípravek pro ponorné odm. hliníku	5,5 – 5	80 – 90	5 – 8
<b>Synalod 10</b>	Radikální alk. přípravek pro ponorné a elektrolytické odm. oceli a bar. kovů	3,5	80 – 90	3 – 7
<b>Synalod 20</b>	Středně účinný alkal. odm. pro ponor a postřik na ocel a barevné kovy	3 – 8	80 – 95	2 – 5
<b>Synalod 30</b>	Středně účinný alkal. odm. pro ponorné odm. oceli, bar. kovů a zinku	3 – 4,5	65 – 80	2 – 5
<b>Synalod 40</b>	Universální alkal. odmašť. pro ponor a postřik, elektrolytické odm. pro ocel a barevné kovy	Ocel 6 – 10 Bar. Kovy 4 – 5	80 50	2 – 8
<b>Synalod 46</b>	Téměř neutrální univers. odm. pro odstranění slabých vrstev mastnot při nízkých teplotách	5 – 10	30 – 40	15 – 20
<b>Synalod 3024</b>	Vysoce účinný přípravek s obsahem tenzidů, vhodný pro postřik na ocel a barevné kovy	Ponor: 1,2 – 2,5 Postřik: 0,2 – 1,2	60 – 80	3 – 6
<b>Radalod</b>	Radikální alk. odm. pro ponor	1 – 7	80 – 95	1 – 10



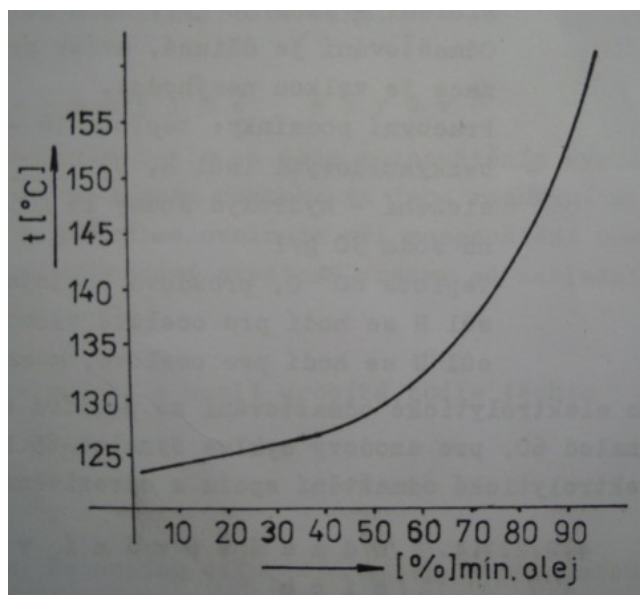
### 1.3. Odmašťování v organických rozpouštědlech

Používá se tam, kde není možno použít alkalické roztoky, jako např. u některých barevných kovů. Odmašťování v organických rozpouštědlech je rychlé. Tato metoda čištění je velmi rozšířená a zároveň i velmi rychlá. Rozpustnost mastnot se zvyšuje s teplotou rozpouštědla. Ideální rozpouštědlo by mělo mít tyto vlastnosti: být stálé, nejedovaté, nehořlavé a lehce regenerovatelné. [1,2]

Mezi organická rozpouštědla patří benzin, nafta, petrolej, anebo chlorované uhlovodíky, jako je trichloretylén a tetrachloretylén. Nejvíce se používá trichloretylén ( $C_2HCl_3$ ). Je to bezbarvá, nehořlavá kapalina sladké vůně. Také velmi dobře rozpouští mastnoty, vosky, živice, asphalt a dehet. Trichloretylén je velmi nebezpečným polutantem, snadno kontaminuje půdu. Na přímém slunečním světle se rozkládá (nebo za použití ultrafialového záření) a současně vzniká i kyselina solná. Tato kyselina může způsobovat korozi. Reaguje s hliníkem a hořčíkem, s ostatními kovy ne. Při vyšších teplotách okolo 120 °C se rozkládá a zároveň vzniká i jedovatý fosgen. Toto nebezpečí vzniká především při regeneraci rozpouštědla regenerací. [1,2]



Obr. 6 - Bod varu směsi trichloretylénu a minerálního oleje [1]



Obr. 7 - Bod varu směsi tetrachloretylénu a minerálního oleje [1]

Chlorované uhlovodíky budou zřejmě v budoucnosti nahrazeny přípravky na bázi alifatických uhlovodíků (sloučeniny tvořené pouze atomy uhlíku a vodíku), nebo nahrazeny alkalickým odmašťováním a to hlavně z ekologického hlediska.

Nevýhodou používání organických prostředků je hořlavost, dlouhé časy pro zasychání bez použití sušení a nemožnost likvidace již vyčerpané lázně.

#### 1.4. Elektrolytické odmašťování

Při tomto procesu odmašťování se používají alkalické odmašťovací přípravky, tak jako u alkalického odmašťování. Účinek těchto přípravků můžeme ještě zvýšit působením elektrického proudu. Elektrolytickým odmašťováním můžeme odstranit z povrchu i nečistoty, které jsou na povrchu materiálu pevně ulpěné. Docílíme nejlepšího odmaštění a co nejčistšího povrchu. Používá se jako konečné, před choulostivými povrchovými úpravami, jako je třeba galvanické pokovování. [1,2]

Elektrolytické odmašťování se provádí v ocelových vanách, které jsou vyloženy sklem. Principem je elektrolýza. Dochází k disociaci látek alkalického roztoku. Elektrolytická disociace je rozpad iontových látek na jednotlivé ionty. Čištěný předmět se zapojí na katodu v alkalickém roztoku za použití stejnosměrného proudu. Působením elektrolýzy se na předmětu vytvoří silně alkalická zóna, která má vysokou aktivitu.

Na katodě dochází k vylučování vodíku zároveň s alkalickým kovem, který je nestálý a slučuje se hned s vodou na alkalický hydroxid (např. NaOH). Odmašťování je zintenzivněno působením hydroxidu a mechanickým odtrháváním mastnot unikajícími bublinkami vodíku. Vznikající vodík je silně reaktivní. Nevýhodou je vodíková křehkost, ta vzniká difuzí vodíku do povrchu odmašťovaného předmětu. [1,2]

Pokud je předmět zapojen na anodu, tak se kov rozpouští a vylučuje kyslík. Kyslík nám opět pomáhá zintenzivnit svým mechanickým účinkem unikajících bublinek odmaštění. [1]

Mezi nejúčinnější patří katodicko-anodické odmašťování. Při tomto druhu odmašťování se předměty odmašťují déle na katodě než na anodě. Poměr času by měl být 3:1. Bipolární odmašťování je vhodné pro odstraňování nečistot z pásu plechů, drátů. [1]

**Pro elektrolytické odmašťování máme dva základní druhy lázní:**

#### ***Kyanidová lázeň (Cupronit I, III)***

- Složení lázně: NaOH 30 g/l, NaCn 10 g/l, NaCO<sub>2</sub> 60 g/l.
- Pracovní podmínky: teplota 18 – 20 °C, proudová hustota 5 – 8 A/dm<sup>2</sup>
- Jedná se o velmi účinné odmašťování, avšak nevýhodou je velká jedovatost a obtížnost neutralizace

#### ***Bezkyanidová lázeň (sůl H, U)***

- Složení lázně: hydroxid sodný 15 g/l, fosforečnan sodný 55 g/l, kalcinovaná soda 30 g/l
- Pracovní podmínky: teplota 80 °C, proudová hustota 20 – 30 A/dm<sup>2</sup>
- Sůl H- pro ocelové výrobky
- Sůl U- pro ocelové, mosazné a měděné výrobky

**Přehled přípravků používaných pro elektrolytické odmašťování:**

#### **Synalod 40**

Pracovní teplota u toho přípravku je 80 °C, používá se pro katodický i anodický cyklus za proudové hustoty 10 A/dm<sup>2</sup>. Napětí by mělo být v rozmezí 7 – 9 V. Násada 6 – 10 kg/100l. [2]

Mezi další přípravky patří Synalod 60, který se používá pro katodový cyklus. Dále pak Synalod 65 pro anodový cyklus. Také lze použít Synalod 70, nebo pro elektrolytické odmašťování společně s odrezivěním Synalod 500. [1]

### 1.5. Odmašťování v neutrálních roztocích

Jedná se o vodní roztoky saponátů, které nám snižují povrchové napětí rozpouštědel a tím nám usnadňují rozpuštění a odstranění nečistot z povrchu materiálu. Způsob tohoto odmašťování se hodí především pro čištění předmětů velkých rozměrů za použití ručního odmašťování. Není vhodné používat tyto přípravky pro ponorné a postřikové odmašťování, protože dochází k pění. [1]

Na trhu se v poslední době objevují pěny s kapalným disperzním prostředím. Za pomoci speciálního zařízení lze postřikem z proudnice čistit i plochy, které jsou hůře přístupné. Dosahujeme poměrně velkých výkonů za provozně nízkých nákladů. [1]

### 1.6. Odmašťování v emulzních roztocích

Jedná se o směsi organických rozpouštědel, které mají emulgátory (trietanolové mýdlo), smáčedla, alkálie, inhibitory a vodu. Provádí se natíráním, máčením nebo postřikem. Dochází k rozpuštění mastnoty a emulgátor umožní její odplavení vodou. Používá se na hrubé vrstvy mastnoty. [1]

Mezi přípravky patří Arva, Retil. Hlavní nevýhodou je náročné čištění odpadních vod. [1]

### 1.7. Odmašťování opalem

Při tomto způsobu odmašťování dochází k odstranění mastnot z povrchu materiálu spálením. V průběhu procesu se tvoří plyny, např. oxid uhličitý. Také dochází ke tvorbě vrstvy uhlíku a oxidické vrstvy. Opalovaný předmět se ohřeje na vhodnou teplotu. Teplota opalu se pohybuje v rozmezí od 300 °C do 700 °C. Celý děj probíhá pod teplotou fázové přeměny  $A_{c1}$ . Po opalování je nutné odstranit zbylé oxidické vrstvy mořením, nebo otryskáváním. [2]

Opalování je vhodné použít na čištění velkoplošných dílů plechů. Dochází ke zvýšení efektivity oproti předešlým způsobům odmašťování z hlediska spotřeby lázní, místa apod. U tenkých plechů je potřeba počítat s tím, že se při procesu mohou

deformovat. Také nesmíme opomenout možnost nerovnoměrného ohřevu materiálu dle použité opalovací pece. Pece máme s plynovými hořáky nebo elektrické. Je nutno počítat s možností rekystalizace na povrchu materiálu, která závisí na zvolené teplotě opalu a době opalování. Může dojít ke změně velikosti zrna, oproti zrnům, která jsou blíže ke středu materiálu. [2]

### **1.8. Vysokotlaké kapalinné odmašťování**

Čištění probíhá za působení proudu vody a vysokého tlaku, který má až 60 MPa. Do vody se mohou přidat inhibitory, jinak se používá čistá voda. Pořizovací náklady na strojní zařízení jsou značné, avšak obrovskou výhodou je málo náročné čištění odpadních vod. Také je vysoce účinné. Používá se na velké plochy. [2]

### **1.9. Odmašťovací přípravky s pasivačním účinkem**

#### **Pragolod 13**

Pragolod 13 je kapalný, vysoce účinný tenzidový alkalický odmašťovací přípravek s vysokou pasivační schopností. Je vhodný pro čištění oceli, litiny, skla a keramiky. Obsahuje absorpční inhibitory, které odmaštěnému ocelovému povrchu mohou poskytnout mezioperační nebo dočasnou protikorozi ochranu. [3]

Přípravek je určen především pro mezioperační odmašťování a je vhodný pro strojní čištění, např. v zařízení WAP nebo čistících stolech ve strojních dílnách. S Pragolodem 13 je možné pracovat i za nižších teplot. Je možné jej použít pro strojní i ruční aplikace. [3]

#### **Pragolod 14**

Pragolod 14 je určen pro mezioperační odmašťování a čištění povrchu postřikem. Pragolod 14 obsahuje nízkopěnové povrchově aktivní látky, takže je vhodný pro strojní čištění, např. v zařízení WAP nebo čistících stolech ve strojních dílnách. Pragolod 14 je možné použít i při nižších teplotách, proto je možné jej použít pro strojní i ruční aplikace. Slouží jako náhrada rozpouštědlových odmašťovačů včetně chlorovaných uhlovodíků. Pro dosažení vyššího stupně protikorozi ochrany se používá koncentrace lázně v rozmezí 3 - 5 % a odmašťovaný povrch se usuší bez oplachu. [3]

Je určen pro zejména postřikové a ponorové odmašťování oceli a litiny a omílání železných kovů. Využívá se také pro pasivaci železných kovů. Neobsahuje anorganické složky, tím je snížena možnost tvorby úsůšků na neopláchnutém povrchu substrátu. Je použitelný i pro pasivaci povrchu železných kovů po jiných odmašťovacích operacích nebo moření v kyselinách nebo omílání ocelových předmětů se současnou pasivací. Při použití přípravku byl kladen důraz na nízkou pěnivost a pasivační schopnost, proto vyšší odmašťovací účinnost mají obdobné přípravky, jako jsou Pragolod Grato 12, Pragolod 13 nebo Pragolod 44, které však mají větší pěnivost. Pragolod 14 je čirá, bezbarvá kapalina alkalické povahy (pH 10,0 - 11,0), která je dobře mísitelná s vodou. [3]

### **Pragolod Grato 12**

Pragolod Grato 12 je kapalný vysoce účinný, středně pěnivý tenzidový alkalický odmašťovací přípravek, který má pasivační účinek a je vhodný pro čištění železných kovů, skla nebo keramiky. Přípravek obsahuje látky, které odmaštěnému ocelovému povrchu mohou poskytnout dočasnou protikorozi ochranu. Aplikuje se ručně natíráním, ponorem, postřikem v komorových nebo průchozích postřikových strojích, pomocí vysokého tlaku páry i pomocí ultrazvuku a to při teplotě od 20 °C a výše. V případě požadavku dočasné protikorozi ochrany je možné využít pasivačního účinku Pragolodu Grato 12, který je doporučeno dávkovat v koncentraci 0,2 - 1,0 % do posledního oplachu před sušením výrobku.[3]

### **Pragolod 44**

Pragolod 44 je tekutý odmašťovací, čistící přípravek. Je vhodný pro odmašťování oceli, litiny a omezeně i hliníku a jeho slitin. Přípravek je použitelný i pro čištění lakovaných povrchů. Doporučuje se však provést test na snášenlivost. Přípravek obsahuje složky, které odmaštěnému povrchu poskytnou mezioperační protikorozi ochranu. Pokud to následující technologie připouští, tak je možné zvýšit pasivační účinek přípravku jeho minimálním dávkováním do posledního oplachu, aby byla jeho hodnota pH přibližně rovna 10. Přípravek je směs anorganických, organických sloučenin a neionogenních tenzidů s velmi dobrou biologickou rozložitelností. Pragolod 44 je to nažloutlá až nahnědlá kapalina. Přípravek obsahuje účinné nízkopěné tenzidy, takže je vhodný pro aplikace ponorem, postřikem, pro tlakové mytí, nebo odmaštění pomocí ultrazvuku. [3]

## 2. SIMPLE GREEN EXTREME AVIATION

### 2.1. Popis Simple Green Extreme Aviation

Jedná se o průmyslový, vysoce účinný, vodou ředitelný, čistící a odmašťovací přípravek. Slouží ke všeobecnému čištění a odmašťování. Používá se k odmašťování povrchů, které jsou velmi vysoce znečištěny. Splňuje nejvyšší bezpečnostní kritéria vydaná firmou BOEING D6-17487P a výrobcem leteckých motorů Pratt & Whitney PWA 36604 Revision C. [4]

Přípravek je vhodný k čištění kovových, plastových i lakovaných povrchů pomocí postřikovacích strojů, k tlakovému a ultrazvukovému odmašťování ve strojírenství, letecké i pozemní dopravě, aniž by došlo k poškození čištěných povrchů. [4]



Obr. 8 – Logo firmy Simple Green s balením Simple Green Extreme Aviation [4]

### 2.2. Vlastnosti Simple Green Extreme Aviation

Směs je nehořlavá, nepěnicí, neabrazivní a bezoplachová. Ve směsi nejsou přidány žádná barviva a parfémy, také neobsahuje teflon a silikon. Tato vysoce koncentrovaná směs je ředitelná studenou vodou až do poměru 1:200. Optimální odmašťovací teplota je v rozmezí 10 – 80 °C. Za těchto teplot je přípravek vysoce aktivní a dochází k úspoře energie. Produkt není považován za produkt s obsahem organických rozpouštědel, jeho VOC (Volatile organic compound - Těkavé organické sloučeniny) není nutno

registrovat. Směs je velmi dobře biologicky odbouratelná, 100 % po 28 dnech dle metody OECD 301-D. Směs je klasifikovaná podle směrnice jako nebezpečná - dráždivá. Koncentrát směsi může vyvolat podráždění kůže, očí a při požití i žaludku. [4]

**Přípravkem můžeme nahradit:**

- Perchloethylen (perchlor)
- Trichlorethylen (trychlor)
- Louh (hydroxid sodný, hydroxid draselný)
- Toulén
- Technický benzín
- Aceton
- Xylen
- Arvu

**Použití přípravku:**

Přípravek je vhodný pro ruční mytí, tlakové čištění, mytí ponorem, mytí v ultrazvukových myčkách. Také slouží jako náplň pro pojízdkové mycí stroje. [4]

**Doporučené ředění:**

- Postřikové a odmašťovací stroje: 0,5 – 1,5 %
- Tlakové a ultrazvukové mytí: 1,0 – 2,0 %
- Ruční mytí a odmašťování: 0,5 – 3,0 %

**Informace o složení:**

Směs je tvořena vodným roztokem tenzidů. Směs neobsahuje hydroxidy ani žádné soli. Je 100 % rozpustná ve vodě. Relativní hustota je 1,022 g/cm<sup>3</sup>. [4]

**Hodnoty pH :**

100 % koncentrát: 10,5 – 11,0

10 % roztok: 9,0 – 10,0

1 % pracovní roztok: 8,5 – 9,0



**Likvidace pracovní směsi:**

Směs není nutno před likvidací neutralizovat. Po dohodě se správcem BČOV (Biologická čistírna odpadních vod) ji lze i zlikvidovat v čističce. Neobsahuje komplexotvorné látky, které negativně ovlivňují kalové hospodářství. [4]

**2.3. Vysoká škola báňská v Ostravě**

Katedra povrchových úprav - prováděla a soustavně provádí zkoušky kvality odmašťovacích prostředků. Zkoušený prostředek Simple Green při aplikaci za studena na vzorky znečištěné při výrobě prokázal jeho velmi dobrou odmašťovací účinnost. Tato účinnost odmašťování povrchu ocelového plechu se poté projevila ve velmi dobré přilnavosti vodou ředitelného nátěrového systému, která vykazovala hodnoty odtrhové pevnosti v rozsahu 5-7 MPa. Žádný ze zkoušených vzorků nevykazoval kohezní lom v podkladu a adhezní lom mezi podkladem a prvním nátěrem a to při celkové tloušťce suchého nátěrového systému 150 um. [5]

### **3. NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ**

Při porovnávání odmašťovacích přípravků Simple Green Extreme Aviation a Simple Green Crystal bude našim cílem zjistit, který z nich má lepší odmašťovací účinky. Oba dva testované přípravky budou ředěny vodou, tak jak uvádí výrobce. Experimentální práce budou provedeny na vzorku typu Standard, Válcovaná bezešvá roura  $\varnothing$  273 mm - S355J2H a Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla.

#### **Zkoušky reliéfu povrchu substrátu**

- čistota povrchu dle ISO 8501-1, makrosnímek povrchu při zvětšení 200x
- prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3
- drsnost povrchu vzorku dle ISO 8503 (drsnoměr Mitutoyo Surf test – 301 - dle ČSN EN ISO 4287)
- stanovení povrchového napětí pomocí testovacích fixů a inkoustů.

#### **Zkoušky použitých tenzidních prostředků**

- stanovení pH hodnoty naředěných odmašťovacích koncentrátů

## 4. CHARAKTERISTIKA VZORKŮ

### 4.1. Vzorek typu Standard

Testovací panely jsou vyráběny válcováním za studena. Také mají zakulacené rohy, aby se s nimi bezpečně dalo manipulovat. Jsou vybaveny okem ve tvaru Q, které slouží k zavěšení vzorku. Všechny panely jsou očištěny, odmaštěny a připraveny k aplikaci. Jsou baleny v papíru s těkavým korozním inhibitorem a dále v plastové fólii. Vzorky byly dodány firmou LABIMEX CZ, s.r.o. Obchodní označení vzorků je S-46-I.

#### Parametry testovaného vzorku Standard:

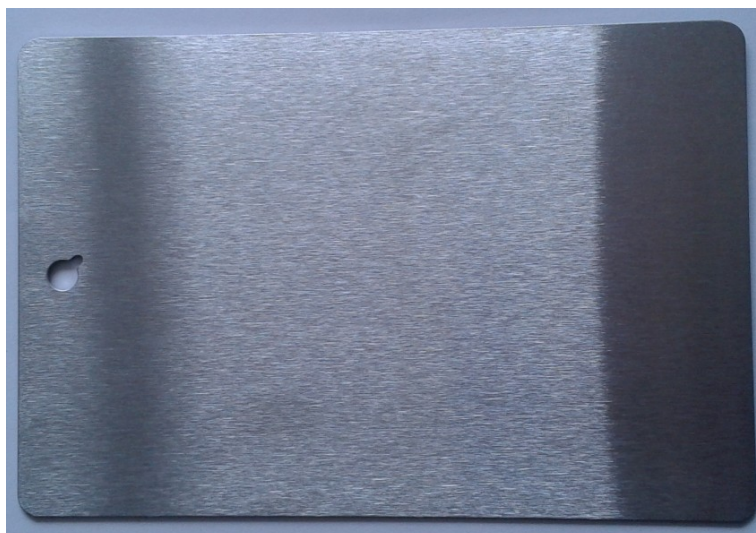
Tab. 2 – Parametry vzorku Standard

Typ	Tloušťka [mm]	Rozměr [mm]	Hmotnost [100 ks]	Označení
S	0,8	102 x 152	10 kg	S-46-I

#### Chemické složení vzorku Standard:

Tab. 3 - Chemické složení ocelového plechu vzorku Standard

Chemické složení ocelového plechu vzorku STANDARD				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	0,15 max.	0,6 max.	0,030 max.	0,035 max.



*Obr. 9 - Testovaný vzorek typu Standard*

#### 4.2. Válcované bezešvé roury $\varnothing$ 273 mm - S355J2H

Vzorky válcovaných rour dodala firma VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Vzorky rour byly nařezány z materiálu S355J2H na rozměry 100 x 150 x 6,3 mm. Válcované roury byly po válcování bez povrchové úpravy a zároveň znečištěny okujemi. Chemické složení je uvedeno v tabulce (viz tabulka Tab. 4).

*Tab. 4 - Chemické složení Válcované bezešvé roury  $\varnothing$  273 mm - S355J2H*

Chemické složení Válcované bezešvé roury $\varnothing$ 273 mm - S355J2H						
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al
Obsah [%]	0,022	1,60	0,55	0,03	0,03	min 0,02



*Obr. 10 - Testovaný vzorek typu válcované bezešvé roury  $\varnothing$  273 mm - S355J2H*

#### **4.3. Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla**

Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T, dodaný firmou VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s., byl nařezán na vzorky o rozměrech 100 x 150 x 3 mm. Tento typ oceli se používá pro výrobu konstrukcí, které mají odolávat atmosférickým vlivům. Ocelový plech byl ve stavu otryskávaném ocelovou drtí na stupeň čistoty Sa 2 ½ dle ČSN EN ISO 8501-1. Chemické složení je uvedeno tabulce (viz Tab. 5).

*Tab. 5 - Chemické složení ocelového plechu typu KOSMALT*

Chemické složení plechu typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla								
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al	N	Ti
Obsah [%]	0,07	0,21	0,03	0,013	0,01	0,042	0,006	0,06



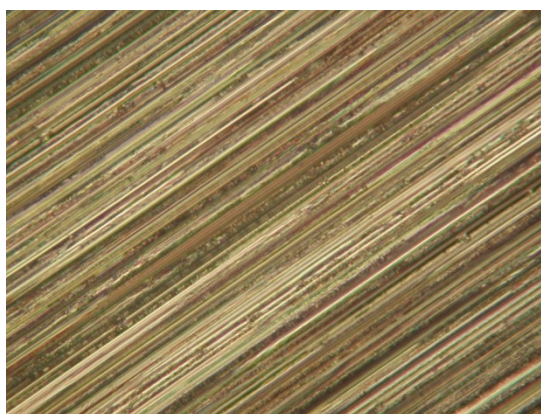
*Obr. 11 - Testovaný vzorek typu Ocelový plech KOSMALT – E 300T*

## **5. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE**

### **5.1. Stanovení čistoty povrchu dle ISO 8501-1**

Ke stanovení čistoty povrchu se používá norma ISO 8501-1. V normě jsou uvedeny různé stupně zarezivění a stupně přípravy oceli. Stupně jsou definovány slovním popisem zároveň s reprezentativními fotografiemi. Jedná se o vizuální metodu. Testovaný vzorek byl vyhodnocen pouhým okem za denního světla (viz Obr. 12).

#### **Vzorek typu Standard**

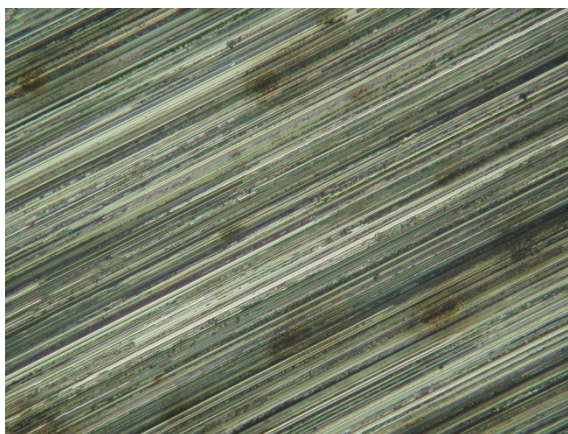


*Obr. 12 - povrch vzorku typu Standard zvětšený 200x*



Jednotlivé vzorky typu Standard jsou již předem od výrobce mechanicky a chemicky očištěny. Vzorky mají také povrchovou úpravu – broušení. Dodané vzorky měly dokonale čistý povrch a nejevily žádné známky znečištění nebo koroze.

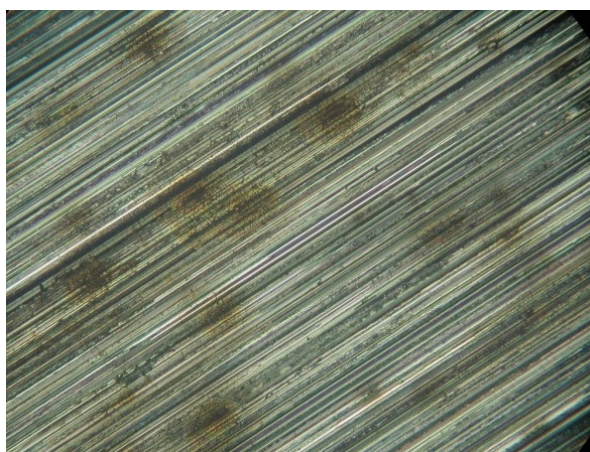
#### **Vzorek typu Standard po odmaštění v Simple Green Crystal**



*Obr. 13 - Povrch vzorku typu Standard po odmaštění v Simple Green Crystal - zvětšený 200x*

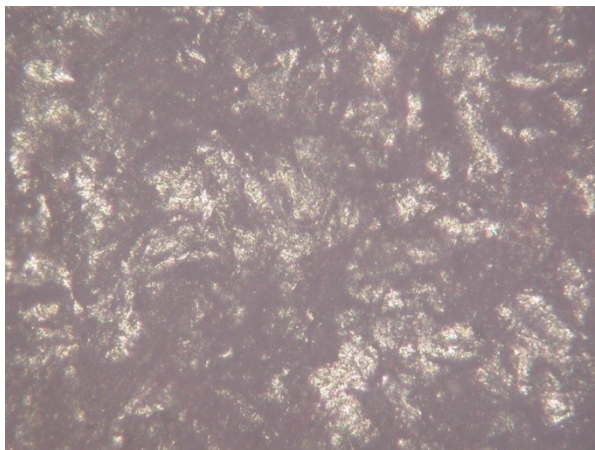
Vzorek byl odmaštěn za pomoci přípravku Simple Green Crystal. Vizuálně povrch odmaštěného předmětu po oplachu a vysušení vykazoval stopy vzniku bodové mikrokoroze (viz Obr. 13). Zasažená část povrchu vzniklou korozí se pohybovala do 15 %.

#### **Vzorek typu Standard po odmaštění v Simple Green Extreme Aviation**

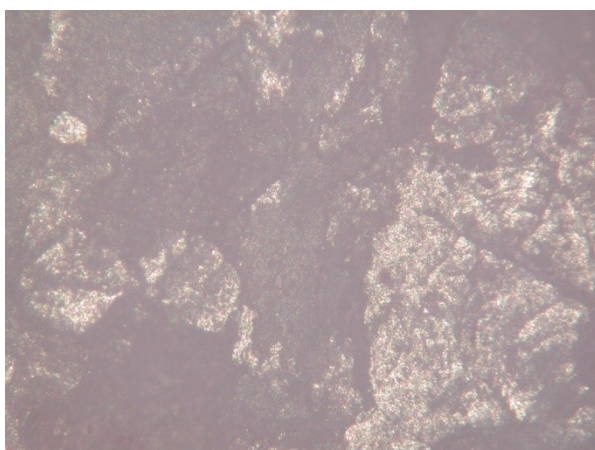


*Obr. 14 - Povrch vzorku typu Standard po odmaštění v Simple Green Extreme Aviation - zvětšený 200x*

Na fotografii (viz Obr. 14) je patrné, že vzorek, který byl odmašťován v Simple Green Extreme Aviation, jeví vyšší známky koroze, než předchozí testovaný vzorek, který jsme odmastili v Simple Green Crystal. Zasažená plocha bodovou mikrokorozí se pohybovala do 20 % (povrch byl lépe odmaštěn).



*Obr. 15 - Povrch otryskaného vzorku Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla - zvětšený 200x*



*Obr. 16 - Povrch válcovaného vzorku Válcované bezešvé roury  $\varnothing$  273 mm - S355J2H - zvětšený 200x*



**Optický přístroj NEOPHOT 2**

Snímky vzorků byly zachyceny přístrojem NEOPHOT 2 (viz Obr. 15). Jedná se o běžný optický metalografický přístroj. Je vybaven barevnou digitální kamerou a softwarem pro snímání a zpracování obrazu. Umožňuje nám pozorování v rozsahu 50 – 2000x. Námi vyfocené snímky jsou zvětšeny 200x.



*Obr. 17 - Optický přístroj NEOPHOT 2*

**5.2. Odmašťovací lázně**

Odmašťovací lázně byly naředěny dle pokynů výrobce v poměru 1:15. Daný poměr je určený pro málo znečištěné povrchy. Do připravených lázní byly vzorky ponořeny po dobu 10 minut se zajištěnou cirkulací vody. Po té byly testované vzorky vytaženy z lázní a opláchnuty pod tekoucí vodou, osušeny fénem a dodatečně vysušeny v sušičce při 70 °C. V praxi se používá okap nebo vysoušení fénem. V případě opakovaného odmašťování v té samé lázni dochází ke snížení účinnosti odmašťovacího koncentrátu. Pokud odmašťujeme více plechů najednou, tak klesá účinnost rychleji a musíme vyměnit lázeň.

**Teploty odmašťovacích lázní****Simple Green Crystal (viz Tab. 6):***Tab. 6 - Naměřené teploty v lázni se Simple Green Crystal*

	1	2	3	Průměrná teplota
Teplota	18,4°C	18,4°C	18,3°C	18,37 °C

**Simple Green Extreme Aviation (viz Tab. 7):***Tab. 7 - Naměřené teploty v lázni se Simple Green Extreme Aviation*

	1	2	3	Průměrná teplota
Teplota	18,2°C	18,3°C	18,3°C	18,26 °C

**Měření teploty lázní**

Teploty lázní byly změřeny pomocí přístroje Elcometer 319 (viz Obr. 18). Tento přístroj slouží k zaznamenávání všech klimatických podmínek. Mezi hlavní výhody tohoto přístroje patří rychlost měření, snadná obsluha a flexibilita.

*Obr. 18 - Elcometer 319*

### 5.3. Prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3

Prašnost povrchu byla hodnocena podle normy ČSN EN ISO 8502-3. Za pomoci metody snímání samolepící pásky. Na povrch vzorku jsme přilepili samolepící pásku, po té došlo k přitlačení a k následnému odtrhnutí pod úhlem 180°. Páska byla přiložena na bílý podkladový papír a vyhodnotilo se množství usazených nečistot na této pásce. Budeme předpokládat, že vzorky typu Standard byly totožné, vybereme jeden reprezentativní vzorek na provedení zkoušky.

#### Hodnocení prašnosti povrchu

Hodnocení prašnosti povrchu probíhá vizuálně a porovnává se s předlohou v tabulce, která je obsažena v normě. Hlavní parametr pro vyhodnocení je velikost a množství usazených částic na pásce. Zjištěné údaje porovnáme s nejbližšími podobnými v tabulkách.

#### Třídy velikosti prachových částic - ČSN ISO 8502-3 (viz Tab. 8)

Tab. 8 - Třídy velikosti prachových částic - ČSN ISO 8502-3 [6]

Třída	Popis částic prachu
1	částice neviditelné při zvětšení 10x
2	částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 µm v průměru)
3	částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 µm a 100 µm v průměru)
4	částice mezi 0,5 a 2,5 mm v průměru
5	částice větší než 2,5 mm v průměru

**Obrazová stupnice množství prachu - ČSN ISO 8502-3**


*Obr. 19 - Obrazová stupnice množství prachu - ČSN ISO 8502-3 [6]*

**Teplota a vlhkost při měření prašnosti dle ČSN ISO 8502-3**

*Tab. 9 - Teplota a vlhkost při měření prašnosti dle ČSN ISO 8502-3*

<b>Teplota</b>	18,2°C
<b>Vlhkost</b>	65%

**Výsledné hodnoty měřeného vzorku typu Standard***Tab. 10 - Výsledné hodnoty měřeného vzorku typu Standard*

Typ ocelového povrchu	Hodnocení množství prachových částic	Hodnocení velikosti prachových částic	Grafické znázornění
S-46-I	1	0	

Z výsledných naměřených hodnot (viz Tab. 10) nám je zřejmé, že na povrchu nebyly nalezeny žádné nečistoty. Částice na povrchu bylo možné vidět pouze při zvětšení. Tento povrch by mohl být vhodný pro případnou aplikaci nátěrové hmoty.

**5.4. Stanovení drsnosti vzorků dle ČSN ISO 8503**

Stanovení drsnosti jsme prováděli za pomoci metody, která se nazývá MITUTOYO SURFTEST. Drsnost povrchu je měřena za pomoci pohybu senzoru nad testovaným povrchem. Měření bylo prováděno na přístroji MITUTOYO SJ 301 (viz Obr. 20). Měřili jsme dle normy ČSN EN ISO 4287 a dle standardu měření ISO 1997.

Drsnost vzorků Standard byla měřena před samotným odmašťováním v lázních. K měření hodnot jsme vybrali jeden reprezentativní vzorek typu Standard.

Celkem jsme provedli 10 měření a to, jak v podélném, tak i v příčném směru vzhledem ke směru válcování zkušebního vzorku.



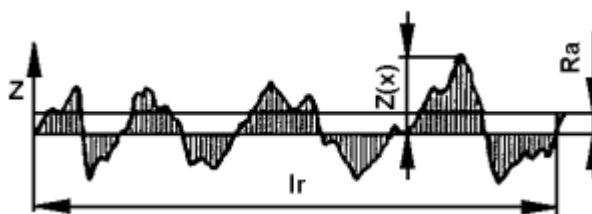
Obr. 20 - Měřicí přístroj MITUTOYO SJ 301 [7]

### Parametry měření vzorku STANDARD na přístroji:

Měřené parametry -  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rq$ ,  $Rp$ ,  $Rv$ ,  $Rsk$ ,  $Rku$

### **Ra- Střední aritmetická úchylka profilu**

- Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic  $Z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Vypovídací schopnost parametru **Ra** je nízká, **Ra** nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu.



Obr. 21 - Parametr  $Ra$  [8]

### **Rz- Největší výška profilu**

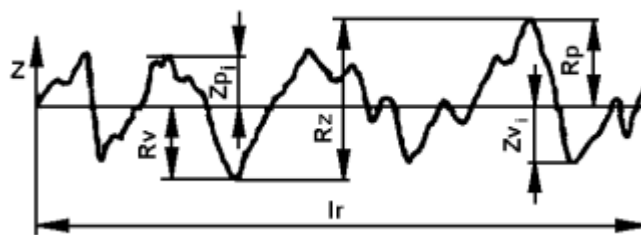
- Součet výšky  $Z_p$  největšího výstupku a hloubky  $Z_v$  nejnížší prohlubně v rozsahu základní délky  $l_r$ .

### **Rp- Největší výška výstupku profilu**

- Výška  $Z_p$  největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ .

**Rv- Největší hloubka prohlubně profilu**

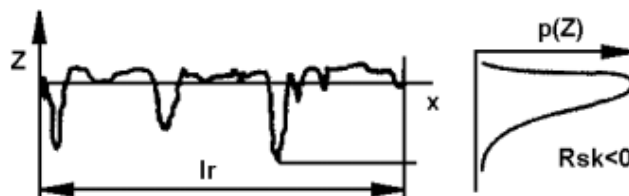
- Hloubka  $Z_v$  nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky  $l_r$ .

Obr. 22 - Parametry  $R_z$ ,  $R_p$ ,  $R_v$  [8]**Rq- Průměrná kvadratická úchylka profilu**

- Průměrná kvadratická hodnota pořadnic  $Z(x)$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Parametr  $R_q$  má význam při statistickém pozorování profilu povrchu, neboť zároveň odpovídá standardní odchylce z profilových souřadnic.

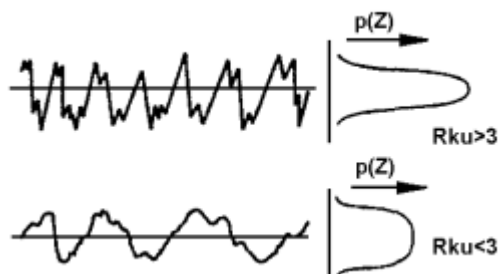
Obr. 23 - Parametr  $R_q$  [8]**Rsk- Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie – skewness)**

- Podíl průměrných hodnot třetích mocnin pořadnic  $Z(x)$  a třetí mocniny hodnoty  $R_q$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Negativní hodnota  $R_{sk}$  odpovídá dobrým vlastnostem nosnosti profilu.

Obr. 24 - Parametr  $R_{sk}$  [8]

**Rku- Špičatost posuzovaného profilu**

- Podíl průměrných hodnot čtvrtých mocnin pořadnic  $Z(x)$  a čtvrté mocniny hodnoty  $Rq$  v rozsahu základní délky  $l_r$ . Při normálním rozdělení souřadnic profilu  $Rku = 3$ , ostřejší výstupky a rýhy  $Rku > 3$  a naopak.

Obr. 25 - Parametr  $Rku$  [8]**Vstupní podmínky v laboratoři při stanovování drsnosti povrchu vzorku Standard**

Tab. 11 - Vstupní podmínky v laboratoři při stanovování drsnosti povrchu

<b>Teplota</b>	18,7°C
<b>Vlhkost</b>	68%

**Parametry drsnosti vzorku Standard v podélném směru**

Tab. 12 - Parametry drsnosti vzorku Standard v podélném směru

	Parametry drsnosti vzorku						
Počet měření	$Ra$ [ $\mu m$ ]	$Rz$ [ $\mu m$ ]	$Rq$ [ $\mu m$ ]	$Rp$ [ $\mu m$ ]	$Rv$ [ $\mu m$ ]	$Rsk$ [-]	$Rku$ [-]
1	0,52	2,90	0,65	1,46	1,44	-0,09	2,82
2	0,62	3,72	0,80	1,69	2,03	-0,40	3,57
3	0,64	4,22	0,82	2,46	1,76	0,03	3,30
4	0,40	2,44	0,51	1,30	1,14	0,23	3,76



5	0,56	2,76	0,68	1,60	1,16	0,21	2,27
6	0,71	5,00	0,92	2,95	2,05	-0,31	3,80
7	0,45	2,51	0,56	1,35	1,16	-0,05	2,95
8	0,57	2,97	0,70	1,66	1,31	0,22	3,19
9	0,80	4,24	1,01	2,03	2,22	-0,21	2,90
10	0,69	3,93	0,87	2,13	1,80	0,18	3,08
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,60</b>	<b>3,47</b>	<b>0,75</b>	<b>1,86</b>	<b>1,61</b>	<b>-0,02</b>	<b>3,16</b>

Výsledné průměrné hodnoty  $R_a = (0,60 \pm 0,12) \mu\text{m}$  a  $R_z = (3,47 \pm 0,87) \mu\text{m}$ .



Obr. 26 - Profil drsnosti v podélném směru

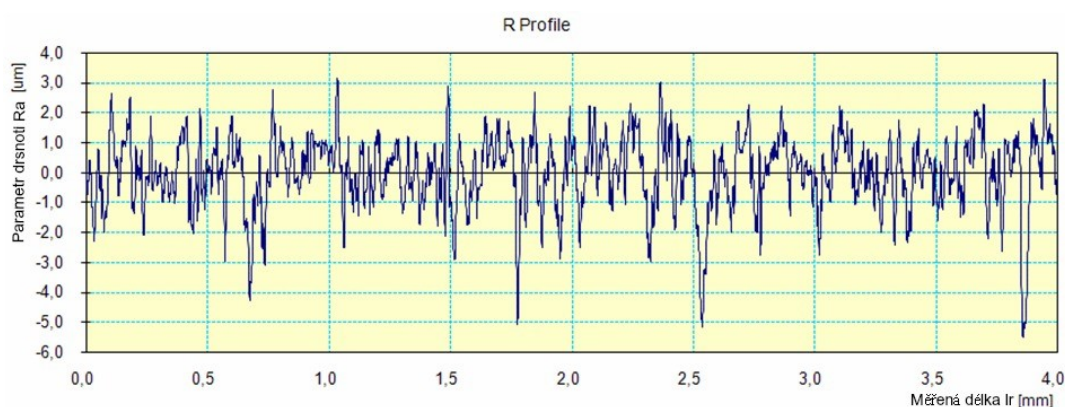
## 5.5. Parametry drsnosti vzorku Standard v příčném směru

Tab. 13 - Parametry drsnosti vzorku Standard v příčném směru

	Parametry drsnosti vzorku						
Počet měření	$R_a [\mu\text{m}]$	$R_z [\mu\text{m}]$	$R_q [\mu\text{m}]$	$R_p [\mu\text{m}]$	$R_v [\mu\text{m}]$	$R_{sk} [-]$	$R_{ku} [-]$
1	1,06	6,53	1,29	2,89	3,65	-0,28	2,68
2	1,00	8,28	1,30	3,68	4,60	-0,44	3,89
3	0,88	6,52	1,15	2,65	3,87	-0,76	3,98

4	0,97	7,24	1,24	3,56	3,68	-0,29	3,42
5	0,94	7,17	1,20	3,19	3,99	-0,40	3,36
6	0,86	6,35	1,10	2,63	3,72	-0,60	3,58
7	0,86	6,65	1,10	2,60	4,05	-0,72	3,88
8	0,88	7,06	1,15	2,57	4,49	-0,81	4,01
9	0,87	7,69	1,15	3,40	4,30	-0,40	4,29
10	0,91	7,43	1,20	2,85	4,57	-0,76	4,63
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,92</b>	<b>7,10</b>	<b>1,19</b>	<b>3,00</b>	<b>4,09</b>	<b>-0,55</b>	<b>3,77</b>

Výsledné průměrné hodnoty  $R_a = (0,92 \pm 0,06) \mu\text{m}$  a  $R_z = (7,10 \pm 0,6) \mu\text{m}$ .



Obr. 27 - Profil drsnosti v příčném směru

V podélném směru dosahovala drsnost výrazně menších hodnot. Průměrná naměřená hodnota byla:  $R_a = (0,60 \pm 0,12) \mu\text{m}$  a  $R_z = (3,47 \pm 0,87) \mu\text{m}$ . V příčném směru dosahovaly naměřené hodnoty výrazně větších čísel:  $R_a = (0,92 \pm 0,06) \mu\text{m}$  a  $R_z = (7,10 \pm 0,6) \mu\text{m}$ . Daný vzorek je vhodný pro nanesení nátěrové hmoty. Tato skutečnost vypovídá také o tom, v jakém směru byl testovaný vzorek broušen.

## 5.6. Stanovení povrchového napětí pomocí testovacích fixů a inkoustů

### Povrchové napětí

Jedná se o jev, při kterém se povrch kapalin chová jako elastická fólie a snaží se dosáhnout co možná nejhladšího stavu s minimální plochou. To znamená, že se povrch tekutiny snaží dosáhnout stavu s nejmenší energií. Čím větší bude povrchové napětí, tím bude kulatější kapička. Ve stavu beztlíže by měli kapky tvar koule, jelikož by na ně nepůsobily žádné další síly. Povrchové napětí bývá někdy označováno jako **kapilární konstanta**. [9]

### Vznik povrchového napětí

Povrchové napětí je výsledkem vzájemné interakce přitažlivých sil molekul nebo atomů, z nichž je složena povrchová vrstva. V případě velkého povrchového napětí je proces smáčitelnosti horší. Mýdlové látky (tenzidy) proces smáčení usnadňují, příkladem je mytí mastných rukou. Mytí mastných rukou je obtížné, proto používáme mýdlo. [9]

Povrchové napětí můžeme také definovat jako sílu, která působí kolmo na délku myšleného řezu povrchem, dělenou touto délkou, a která leží v tečné rovině k povrchu v daném bodě. [9]

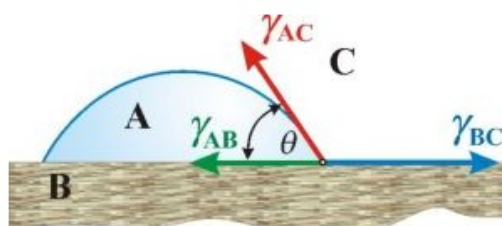
### Youngova rovnice

Dojde-li k umístění kapky kapaliny na rovný pevný a vodorovný povrch, v okolí kolem kapky bude plynná atmosféra, tak se kapka může rozprostřít po povrchu, nebo má možnost zaujmout tvar koule.

### Podmínka rovnováhy na rozhraní tří fází

Vztah mezi úhlem smáčení, který se ustavuje na rozhraní tří fází pevné (B), kapalně (A) a fáze (C) - plynné nebo kapalně a jednotlivými mezifázovými energiemi. [10]

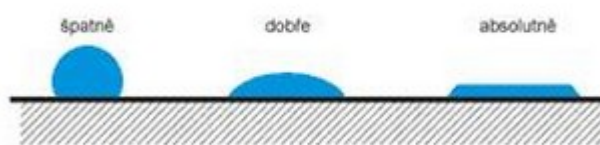
$$\gamma_{BC} - \gamma_{AB} = \gamma_{AC} \cdot \cos \theta$$



Obr. 28 - Rovnovážný tvar kapky kapaliny na tuhém povrchu [10]

### Smáčení povrchu

Smáčení povrchu je považováno za schopnost, která dokáže souvisle pokrýt celý povrch materiálu, který odmašťujeme a zajistit tak jeho celé a stejnoměrné očištění od nečistot. Pokud je povrch znečištěný, tak je hydrofobní (tj. vodu odpuzující), a nedojde tak k dobré smáčivosti, a tím nedojde k uspokojivému procesu čištění.



Obr. 29 - Typy povrchů dle smáčitelnosti [11]



Obr. 30 - Příklad hydrofobního povrchu [12]

### Určení povrchového napětí

Povrchové napětí je jedno z rozhodujících kritérií pro adhezi (přilnavost) nátěrových hmot jako jsou tiskařské barvy, lepidla, laky apod. Povrchové napětí se měří

v mN/m – aktuálně platná jednotka. Čím vyšší je povrchové napětí materiálu, tím lepší je přilnavost nátěrové hmoty k povrchu materiálu. Nízké povrchové napětí může být způsobeno znečištěním povrchu (tuk, olej, otisky prstů), což je většinou v případě kovů. [13]

Jako obecný limit je dána hodnota 38 mN/m. Jestliže je povrchové napětí pod touto hodnotou, tak přilnavost nátěrové hmoty bude špatná, nad touto hodnotou je přilnavost povrchu dobrá nebo uspokojivá. [13]

Špatná smáčivost povrchu < **38 mN/m** < Dobrá smáčivost povrchu

### Aplikace testovacích fixů a inkoustů

Při testování se používá nejprve inkoust se stření hodnotou 38mN/m. Jestliže linka inkoustu zůstane na povrchu materiálu nezměněna po dobu dvou sekund, nezmění se (neslíje se) v kapky, tak povrchové napětí je rovno nebo vyšší testovanému inkoustu. Můžeme použít testovací inkoust vyšší hodnoty. Postup opakujeme tolikrát, dokud se linka inkoustu neslíje do malých oddělených kapiček. Jestliže se již při začátku měření inkoust o hodnotě 38mN/m změní v kapičky, tak použijeme inkoust s nižší hodnotou. [13]



Obr. 31 - Adheze na neošetřeném a ošetřeném podkladu [13]



Obr. 32 - Testovací inkousty o hodnotách 35mN/m, 38mN/m a 41mN/m.

**Základní vzorek typu Standard – N (neodmaštěn v žádném přípravku Simple Green)**

***Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m***



Obr. 33 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m

***Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m***



Obr. 34 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m

***Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m***



Obr. 35 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m



Podkladový substrát Standard odmaštěný a uchovaný v inhibitorovém papíře vykazoval průměrnou smáčivost povrchu. Daný povrch je vhodný pro nanesení nátěrové hmoty se zhoršenými viskózními vlastnostmi.

### **Vzorek typu Standard odmaštěný v Simple Green Crystal**

#### ***Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m***



*Obr. 36 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m*

#### ***Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m***



*Obr. 37 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m*

#### ***Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m***



*Obr. 38 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m*

Podkladový substrát odmaštěný průmyslovým prostředkem Simple Green Crystal vykazoval vyšší smáčivost povrchu, kterou lze hodnotit jako dobrou. Testovací inkoust o hodnotě 41 mN/m se rovnoměrně rozpíjel po povrchu substrátu. Daný povrch je ideální pro nanášení tenkých vrstev ochranných nátěrových hmot.

**Vzorek typu Standard odmaštěný v Simple Green Extreme Aviation*****Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m****Obr. 39 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m****Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m****Obr. 40 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m****Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m****Obr. 41 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m*

Podkladový substrát odmaštěný průmyslovým prostředkem Simple Green Extreme Aviation vykazoval vyšší povrchovou aktivitu oproti vzorku Standard N. Testovací inkoust o povrchové aktivitě 38mN/m se rovnoměrně rozpíjel po povrchu. Testovací inkoust o hodnotě 41mN/m se již nerozpíjel po povrchu a vytvořil rovnoměrnou linku. Takto odmaštěný povrch je ideální pro nanesení špatně viskózní nátěrové hmoty. Nejlepší povrchové aktivity ze zkoušených odmašťovacích prostředků dosahoval Simple Green Crystal.

**5.7. Stanovení pH odmašťovací lázně**

Pro stanovení hodnot pH jsme použili potenciometrickou metodu měření. Jedná se o metodu, která využívá pro stanovení aktivity měřené látky elektromotorické napětí elektrochemických článků. Tyto články nejsou proudově zatíženy. Článkem



prakticky protéká nulový proud. Aktivita je určována přímo z hodnoty elektromotorického napětí článku, tím pádem se jedná o přímou potenciometrii. [14]

Elektrochemické články, které pro tuto metodu používáme, se skládají ze dvou elektrod: elektrody měrné (indikační) a elektrody referentní (kalomelové). Měřené pH roztoku je pak určeno potenciálem skleněné elektrody. [14]

**Hodnota pH je definována rovnicí:**

$$pH = -\log a(H^+)$$

**Měření hodnot pH:**

Samotné měření bylo provedeno tak, že jsme si do předem připravených 2 kelímků nalili odmašťovací přípravky. Do prvního Simple Green Extreme Aviation a do druhého Simple Green Crystal. Kelímky jsme předtím vypláchli demineralizovanou vodou a zkalibrovali měřicí přístroj. Po té jsme provedli 3 nezávislá měření. Po každém měření byla měřicí sonda očištěna demineralizovanou vodou. K obnovení přesnosti měření jsme ji pak následně uložili do uchovávacího roztoku. Naměřené výsledky byly zapsány do tabulky a grafu.



*Obr. 42 - Přístroj na měření pH - Eutech pH5+*

**Hodnoty pH lázně před vložením vzorků:**

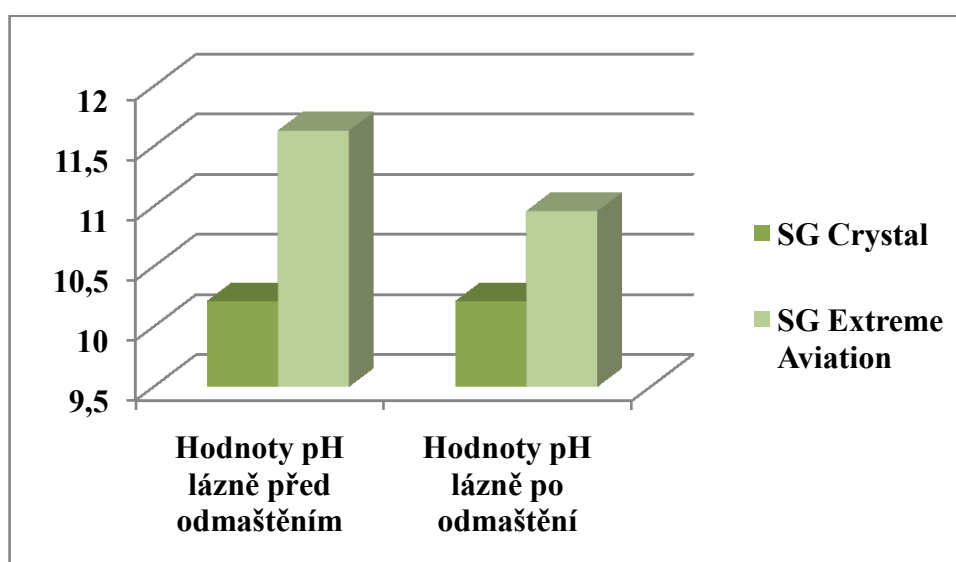
*Tab. 14 – Hodnoty pH lázně před vložením vzorků*

	Naměřené hodnoty pH			Průměrné hodnoty pH
<b>SG Crystal</b>	10,19	10,24	10,20	<b>10,21</b>
<b>SG Extreme Aviation</b>	11,63	11,62	11,64	<b>11,63</b>

**Hodnoty pH lázní po vložení a odmaštění vzorků:**

*Tab. 15 – Hodnoty pH lázně po vložení a odmaštění vzorků*

	Naměřené hodnoty pH			Průměrné hodnoty pH
<b>SG Crystal</b>	10,23	10,21	10,20	<b>10,21</b>
<b>SG Extreme Aviation</b>	10,94	10,95	10,97	<b>10,96</b>



*Graf 1 – porovnání hodnot pH lázní*

**Porovnání hodnot pH lázní:**

Při porovnávání poklesu pH jednotlivých lázní plyne (viz Graf 1), že po vložení a následném odmaštění vzorků klesá pH výrazně rychleji u lázně, kde je obsažen Simple Green Extreme Aviation, oproti lázni, kde je Simple Green Crystal. U lázně Simple Green Crystal nedochází k žádnému poklesu hodnoty pH.

**Pro ověření poklesu pH použijeme na další testování více zamaštěné vzorky:**

**Válcovaná bezešvá roura  $\varnothing$  273 mm - S355J2H**



*Obr. 43 - Válcovaná bezešvá roura po odmaštění v SG Extreme Aviation*



*Obr. 44 - Válcovaná bezešvá roura po odmaštění v SG Crystal*

**Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla**

*Obr. 45 - Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla po odmaštění v SG  
Extreme Aviation*



*Obr. 46 - Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla po odmaštění v SG  
Crystal*

**Naměřené hodnoty lázní před odmaštěním vzorků Válcovaná bezešvá roura ø 273 mm - S355J2H a Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla:**

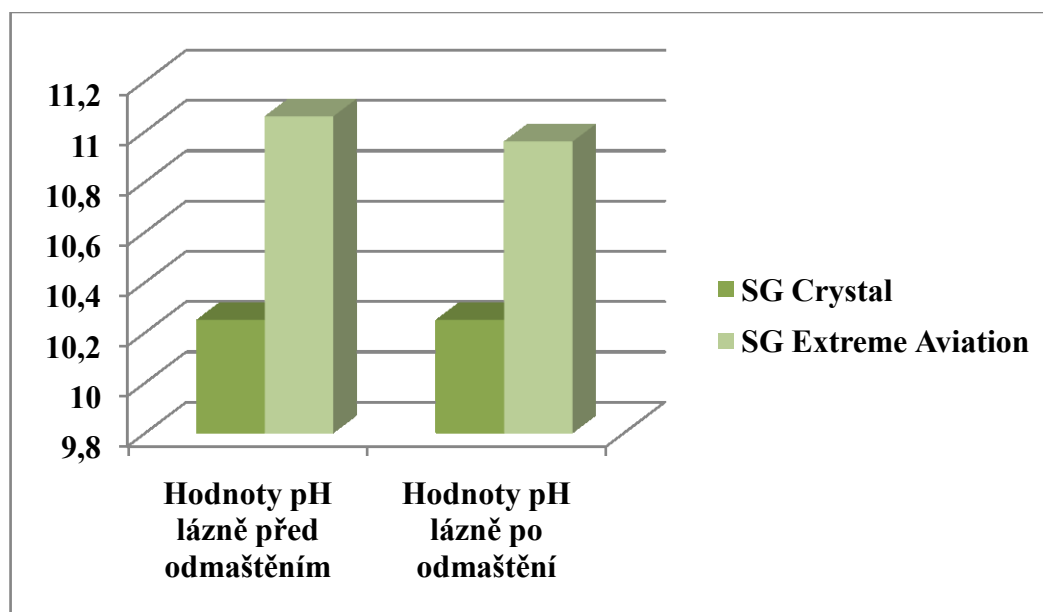
*Tab. 16 – Naměřené hodnoty pH lázní silně znečištěných vzorků před vložením do lázně*

	Naměřené hodnoty pH						Průměrné hodnoty pH
<b>SG Crystal</b>	10,27	10,26	10,26	10,24	10,25	10,24	<b>10,25</b>
<b>SG Extreme Aviation</b>	11,08	11,07	11,07	11,05	11,05	11,06	<b>11,06</b>

**Naměřené hodnoty lázní po odmaštění vzorků Válcovaná bezešvá roura ø 273 mm - S355J2H a Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla:**

*Tab. 17 - Naměřené hodnoty pH lázní silně znečištěných vzorků po vložení do lázně a odmaštění*

	Naměřené hodnoty pH						Průměrné hodnoty pH
<b>SG Crystal</b>	10,27	10,27	10,26	10,24	10,24	10,23	<b>10,25</b>
<b>SG Extreme Aviation</b>	10,97	10,96	10,96	10,96	10,95	10,95	<b>10,96</b>



Graf 2 – Porovnání hodnot pH lázní - silně znečištěných vzorků

### Závěr:

Z naměřených hodnot je patrné, že u odmašťovacího prostředku Simple Green Extreme Aviation došlo v průběhu odmašťování ke snížení hodnoty pH lázně. Při dalším cyklu by mohl dojít k dalšímu snížení odmašťovacího účinku. Avšak i přesto odmašťovací účinnost tohoto přípravku je vyšší. Odmašťovací prostředek Simple Green Crystal vykazoval stabilní výsledky bez náznaku snížení účinnosti odmašťovací lázně.

## 6. EKONOMICKÉHO ZHODNOCENÍ

### 6.1. Porovnání cen Simple Green Extreme Aviation a Simple Green Crystal

#### Simple Green Extreme Aviation

Tab. 18 - Ceník Simple Green Extreme Aviation [15]

Balení	Cena bez DPH
208 litrů – sud	25 000 Kč
10 litrů – kanystr	1 990 Kč
1 litr – láhev	240 Kč

Tab. 19 - Ceník Simple Green Crystal[15]

Balení	Cena bez DPH
208 litrů – sud	23 900 Kč
10 litrů – kanystr	1 590 Kč
1 litr – láhev	190 Kč

### Ekonomické zhodnocení

Při porovnání obou čisticích prostředků se z ekonomického hlediska (viz Tab. 18, Tab. 19) jeví prostředek Simple Green Crystal jako vhodná volba i co se týče vlivu na životní prostředí. SG Crystal je vhodný i pro farmaceutický a potravinářský průmysl. Pracovní teplota přípravku je 18 – 22 °C, což znamená velkou úsporu energie.

## 7. ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu odmašťování povrchu substrátu na adhezi tenkého povlaku. Cílem teoretické části bylo seznámení a prostudování teoretických poznatků. Z těchto poznatků jsem dále vycházel v experimentální části práce. Teoretická část obsahuje seznámení s chemickými úpravami povrchu – odmašťování. Následující poznatky obsahují rozdělení odmašťování podle použitého prostředku na odmašťování a seznámení s jednotlivými druhy. Do teoretické části jsem zařadil přehled prostředků s pasivačním účinkem. V dalším bodě nechybí popis odmašťovacího přípravku Simple Green Extreme Aviation a prostudování jeho vlastností.

V experimentální části práce, jsem nejdříve prostudoval a popsal testované vzorky typu Standard, Válcované bezešvé roury  $\varnothing$  273 mm - S355J2H, Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla. Dále jsem provedl zkoušky reliéfu povrchu a zkoušky použitých tenzidních přípravků. Do zkoušek reliéfu jsem zařadil čistotu povrchu dle ISO 8501-1, prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3, drsnost povrchu vzorku dle ISO 8503 (drsnoměr Mitutoyo Surf test – 301 - dle ČSN EN ISO 4287), stanovení povrchového napětí pomocí testovacích fixů a inkoustů.

Čistota povrchu dle ISO 8501 – 1 byla stanovena za pomoci optického přístroje NEOPHOT 2. Pořízené snímky byly zvětšeny 200x. Neošetřený vzorek typu Standard nejevil žádné znečištění nebo korozi. Vzorek odmaštěn v Simple Green Crystal vykazoval stopy vzniku bodové mikrokoroze, která se pohybovala do 15 %. Druhý vzorek, který byl chemicky očištěn v Simple Green Extreme Aviation, jevil vyšší známky koroze, které se pohybovaly do 20 %.

V další části experimentální práce jsem hodnotil prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502 – 3. Hlavním parametrem pro vyhodnocení prašnosti je velikost a množství usazených částic na samolepící pásce. Povrch byl čistý, nejevil žádné známky znečištění, částice byly vidět pouze při zvětšení. Teoreticky by mohl být vhodný pro nános nátěru.

K měření drsnosti povrchu dle ČSN ISO 8503 jsme použili přístroj MITUTOYO SJ 301. Hodnoty v podélném směru byly:  $R_a = (0,60 \pm 0,12) \mu\text{m}$  a  $R_z = (3,47 \pm 0,87) \mu\text{m}$ , v příčném směru byly  $R_a = (0,92 \pm 0,06) \mu\text{m}$  a  $R_z = (7,10 \pm 0,6) \mu\text{m}$ . Z hodnot vyplývá, že daný materiál by byl vhodný pro nanesení nátěrové hmoty.

Povrchové napětí se měřilo za pomoci testovacích fixů a inkoustů. Podkladový substrát Standard, který byl odmaštěný a uchovaný v inhibitorovém papíře vykazoval průměrnou smáčivost povrchu a byl vhodný pro nanesení nátěrové hmoty se zhoršenými viskózními vlastnostmi. Substrát, který byl odmaštěný průmyslovým prostředkem Simple Green Crystal, vykazoval vyšší smáčivost povrchu, kterou je možné hodnotit jako dobrou. Tento povrch je ideální pro nanesení tenkých vrstev ochranných nátěrových hmot. Poslední testovaný vzorek, který byl odmaštěn v Simple Green Extreme Aviation vykazoval vyšší povrchovou aktivitu oproti neošetřenému vzorku. Takto odmaštěný povrch je ideální pro nanesení špatně viskózní nátěrové hmoty. Nejlepší povrchové aktivity dosahoval přípravek Simple Green Crystal.

Následujícím experimentem bylo stanovení pH odmašťovací lázně. Měření byla provedena přístrojem Eutech ph5+. Z naměřených hodnot je zřejmé, že u odmašťujícího prostředku Simple Green Extreme Aviation došlo k poklesu hodnoty pH lázně. Při dalších cyklech může dojít k dalšímu poklesu a snížení účinnosti odmašťovacího účinku, zároveň při vyšším znečištění vzorku bude lázeň degradovat rychleji. Přesto je odmašťovací účinnost tohoto přípravků vyšší, než u Simple Green Crystal, který ale vykazoval stabilní výsledky.



Při porovnání ekonomického zhodnocení se jeví prostředek Simple Green Crystal jako vhodná volba, vzhledem ke stabilním výsledkům. Také nedochází k žádnému poklesu pH lázní. Na základě výsledků bych volil odmašťovací přípravek **Simple Green Crystal**.

**Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, Csc. a Ing. Petru Šrubařovi za jejich rady a čas, který mi věnovali při vedení bakalářské práce.

## 8. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [3] *Kapalné odmašťovací přípravky* [online]. [cit. 2013-02-25].  
URL: < <http://www.pragochema.cz/?start=2&lan=cz&vyr=Kapalne-odmastovaci-pripravky>>.
- [4] SIMPLE GREEN. *Simple Green Extreme Aviation* [online]. [cit. 2013-02-26].  
URL: < <http://www.simplegreen.cz/products/simplegreen-extreme-precision-cleaner/>>.
- [5] SIMPLE GREEN. *Technické informace Simple Green* [online]. [cit. 2013-02-26].  
URL: < <http://www.simplegreen.cz/technicke-informace/>>.
- [6] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [7] *Měřicí přístroj MITUTOYO SJ 301* [online]. [cit. 2013-03-01].  
URL: < <http://www.penntoolco.com/images/catalog/7436.gif>>.
- [8] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6.
- [9] WIKIPEDIA. *Povrchové napětí* [online]. [cit. 2013-03-05].  
URL: < [http://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A9\\_nap%C4%9Bt%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A9_nap%C4%9Bt%C3%AD)>
- [10] YOUNGOVA ROVNICE. *Youngova rovnice* [online]. [cit. 2013-03-05].  
URL:<[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es\\_001/hesla/youngova\\_rovnice.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es_001/hesla/youngova_rovnice.html)>.
- [11] FLOTACE. *Význam povrchového napětí ve flotaci* [online]. [cit. 2013-03-20].  
URL:< [http://hgfl0.vsb.cz/546/Flotace/text\\_2.htm](http://hgfl0.vsb.cz/546/Flotace/text_2.htm)>.
- [12] *Nátěr betonu* [online]. [cit. 2013-03-20].  
URL:< <http://www.nanobala.cz/naterbetonu.jpg>>.

- [13] ELCOMETER. *Testovací fixy a inkousty* [online]. [cit. 2013-03-22].  
URL: < <http://www.elcometer.cz/soubory/111.pdf> >.
- [14] VIŠŇOVÁ, H. ZACHAŘ, P. ZÁRUBA, K. *Potenciometrické měření pH* [online]. [cit. 2013-04-09].  
URL: < [http://www.vscht.cz/anl/lach1/3\\_Pot-pH.pdf](http://www.vscht.cz/anl/lach1/3_Pot-pH.pdf) >.
- [15] SIMPLE GREEN. *Ceník* [online]. [cit. 2013-04-20].  
URL: < <http://www.simplegreen.cz/cenik/> >.
- [16] BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P. *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag. Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
- [17] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [18] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [19] ČSN ISO 8501-1: *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

---

**9. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A	Simple Green Extreme Aviation (webová stránka)
Příloha B	Simple Green Crystal (webová stránka)

**10. SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 - Schéma emulgace mastnoty [1].....	11
Obr. 2 - Schematické znázornění chování olejové kapky v tenzidovém odmašťovacím prostředku [1].....	13
Obr. 3 - Schéma stroje Hydromatikus [1].....	14
Obr. 4 - Odmašťování v závislosti na teplotě [1].....	15
Obr. 5 - Stupeň odmašťování při stříkání [1].....	15
Obr. 6 - Bod varu směsi trichloretylénu a minerálního oleje [1].....	17
Obr. 7 - Bod varu směsi tetrachloretylénu a minerálního oleje [1] .....	18
Obr. 8 – Logo firmy Simple Green s balením Simple Green Extreme Aviation [4].....	23
Obr. 9 - Testovaný vzorek typu Standard .....	28
Obr. 10 - Testovaný vzorek typu válcované bezešvé roury $\varnothing$ 273 mm - S355J2H .....	29
Obr. 11 - Testovaný vzorek typu Ocelový plech KOSMALT – E 300T .....	30
Obr. 12 - povrch vzorku typu Standard zvětšený 200x .....	30
Obr. 13 - Povrch vzorku typu Standard po odmaštění v Simple Green Crystal - zvětšený 200x .....	31
Obr. 14 - Povrch vzorku typu Standard po odmaštění v Simple Green Extreme Aviation - zvětšený 200x .....	31
Obr. 15 - Povrch otryskaného vzorku Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla - zvětšený 200x .....	32
Obr. 16 - Povrch válcovaného vzorku Válcované bezešvé roury $\varnothing$ 273 mm - S355J2H.....	32
Obr. 17 - Optický přístroj NEOPHOT 2.....	33
Obr. 18 - Elcometer 319 .....	34
Obr. 19 - Obrazová stupnice množství prachu - ČSN ISO 8502-3 [6].....	36
Obr. 20 - Měřicí přístroj MITUTOYO SJ 301 [7].....	38
Obr. 21 - Parametr Ra [8] .....	38
Obr. 22 - Parametry Rz, Rp, Rv [8] .....	39
Obr. 23 - Parametr Rq [8] .....	39

Bakalářská práce	2013
Obr. 24 - Parametr Rsk [8].....	39
Obr. 25 - Parametr Rku [8] .....	40
Obr. 26 - Profil drsnosti v podélném směru.....	41
Obr. 27 - Profil drsnosti v příčném směru .....	42
Obr. 28 - Rovnovážný tvar kapky kapaliny na tuhém povrchu [10] .....	44
Obr. 29 - Typy povrchů dle smáčitelnosti [11].....	44
Obr. 30 - Příklad hydrofobního povrchu [12].....	44
Obr. 31 - Adheze na neošetřeném a ošetřeném podkladu [13].....	45
Obr. 32 - Testovací inkousty o hodnotách 35mN/m, 38mN/m a 41mN/m. ....	46
Obr. 33 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m.....	46
Obr. 34 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m.....	46
Obr. 35 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m.....	46
Obr. 36 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m.....	47
Obr. 37 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m.....	47
Obr. 38 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m.....	47
Obr. 39 - Linka inkoustu o hodnotě 35 mN/m.....	48
Obr. 40 - Linka inkoustu o hodnotě 38 mN/m.....	48
Obr. 41 - Linka inkoustu o hodnotě 41 mN/m.....	48
Obr. 42 - Přístroj na měření pH - Eutech pH5+ .....	49
Obr. 43 - Válcovaná bezešvá roura po odmaštění v SG Extreme Aviation.....	51
Obr. 44 - Válcovaná bezešvá roura po odmaštění v SG Crystal.....	51
Obr. 45 - Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla po odmaštění v SG Extreme Aviation.....	52
Obr. 46 - Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla po odmaštění v SG Crystal.....	52

**11. SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 – Přehled odmašťovacích přípravků [1] .....	16
Tab. 2 – Parametry vzorku Standard .....	27
Tab. 3 - Chemické složení ocelového plechu vzorku Standard .....	27
Tab. 4 - Chemické složení Válcované bezešvé roury $\varnothing$ 273 mm - S355J2H.....	28
Tab. 5 - Chemické složení ocelového plechu typu KOSMALT .....	29
Tab. 6 - Naměřené teploty v lázni se Simple Green Crystal.....	34
Tab. 7 - Naměřené teploty v lázni se Simple Green Extreme Aviation.....	34
Tab. 8 - Třídy velikosti prachových částic - ČSN ISO 8502-3 [6] .....	35
Tab. 9 - Teplota a vlhkost při měření prašnosti dle ČSN ISO 8502-3 .....	36
Tab. 10 - Výsledné hodnoty měřeného vzorku typu Standard .....	37
Tab. 11 - Vstupní podmínky v laboratoři při stanovování drsnosti povrchu .....	40
Tab. 12 - Parametry drsnosti vzorku Standard v podélném směru .....	40
Tab. 13 - Parametry drsnosti vzorku Standard v příčném směru.....	41
Tab. 14 – Hodnoty pH lázně před vložením vzorků.....	50
Tab. 15 – Hodnoty pH lázně po vložení a odmaštění vzorků.....	50
Tab. 16 – Naměřené hodnoty pH lázní silně znečištěných vzorků před vložení do lázně.....	53
Tab. 17 - Naměřené hodnoty pH lázní silně znečištěných vzorků po vložení do lázně a odmaštění .....	53
Tab. 18 - Ceník Simple Green Extreme Aviation [15] .....	54
Tab. 19 - Ceník Simple Green Crystal[15] .....	55



**12. SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 – porovnání hodnot pH lázní .....	50
Graf 2 – Porovnání hodnot pH lázní - silně znečištěných vzorků .....	54